

INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE OCCIDENTE

CIFOVIS: Centro Interdisciplinario para la Formación y la Vinculación Social

PROYECTO DE APLICACIÓN PROFESIONAL (PAP)

Programa de Desarrollo Local y Fortalecimiento del Tejido Social



ITESO

Universidad Jesuita
de Guadalajara

2E05 San Pedro Valencia: Renovación Urbana, Saneamiento Ambiental y
Emprendimiento Turístico

**“Estudio hidrológico y de agua subterránea en el valle de Mazatepec,
Jalisco”**

PRESENTAN

Programas educativos y Estudiantes

Lic. en Ingeniería Ambiental. Marcos Dávalos Gutiérrez

Lic. en Ingeniería Ambiental. Jesica Jiménez Rodríguez

Profesores PAP:

Lic. en Ingeniería Ambiental Andrés Zuloaga Cano

Lic. Héctor Morales Gil de la Torre

Lic. Jesica Nalleli de la Torre Herrera

Tlaquepaque, Jalisco, Julio del 2018.

REPORTE PAP

ÍNDICE

REPORTE PAP	1
Presentación Institucional de los Proyectos de Aplicación Profesional.....	2
1. Resumen.....	2
2. Introducción	3
2.1 Contexto.....	5
2.2 Antecedentes.....	5
3. Marco conceptual	6
4. Desarrollo	7
4.1 Descripción del proyecto.....	7
4.2 Plan de trabajo	7
4.3 Cronograma.....	10
5. Resultados y productos	11
5.1 Polígono del Valle de Mazatepec	11
5.2 Subcuencas y microcuencas.....	12
5.3 Cálculo del escurrimiento natural	13
5.4 Análisis del agua subterránea.....	16
5.4.1 Agua subterránea en el Valle de Mazatepec	16
5.4.2 Agua subterránea en la microcuenca de la presa de Valencia	16
5.4.3 Análisis de los acuíferos	17
6. Reflexiones	18
7. Conclusiones.....	19
7.1 Recomendaciones	20
8. Bibliografía	20
9. Anexos.....	22

REPORTE PAP

Presentación Institucional de los Proyectos de Aplicación Profesional

Los Proyectos de Aplicación Profesional son una modalidad educativa del ITESO en la que los estudiantes aplican sus saberes y competencias socio-profesionales a través del desarrollo de un proyecto en un escenario real para plantear soluciones o resolver problemas del entorno. Se orientan a formar para la vida, a los estudiantes, en el ejercicio de una profesión socialmente pertinente.

A través del PAP los alumnos acreditan el servicio social, y la opción terminal, en tanto sus actividades contribuyan de manera significativa al escenario en el que se desarrolla el proyecto, y sus aprendizajes, reflexiones y aportes sean documentados en un reporte como el presente.

1. Resumen

El proyecto descrito en este tratado tiene como objetivo crear información respecto a la hidrología y agua subterránea en el Valle de Mazatepec. Se consultaron datos geográficos de portales gubernamentales para el cálculo y estimación de parámetros que permiten conocer la hidrología de una determinada región, los cuales fueron procesados en un sistema de información geográfica. Se visitaron algunos cuerpos de agua en el valle, para conocer de primera instancia su calidad. También se logró delimitar el valle, las subcuencas que lo conforman, y la microcuenca de la presa de Valencia; se calculó el escurrimiento natural y la extracción de agua subterránea. Por medio de este estudio se logró comprender la dinámica hídrica en el valle, ahora se cuenta con más herramientas para gestionar de mejor manera el agua.

Abstract

The purpose of the project described in this document is to create information regarding hydrology and groundwater in Mazatepec valley. Geographical data from

government official sites was downloaded for the calculation of parameters that allow a better understanding of the hydrology in a certain region; this information was processed in a geographic information system. In order to know personally the water quality, some water bodies were visited. A polygon was created for the delimitation of the valley, the sub-basins that comprise the valley, and the Valencia dam's micro-basin. The natural runoff and groundwater extraction was estimated. Through this study, a better understanding of the water dynamics in the valley was reached, creating more tools for a better water management.

2. Introducción

“La importancia de una calidad en los recursos hídricos para abastecimiento humano hace necesaria una revisión global y actualizada de nuestros conocimientos sobre el mundo del agua desde las fuentes de captación y sus problemas asociados hasta la distribución al consumidor” (Doménech, 2002).

El Valle de Mazatepec se encuentra al sur del Bosque de La Primavera, donde colindan los municipios de Tala y Acatlán de Juárez; el valle cuenta con una vasta cantidad de agua subterránea y superficial, pero los habitantes de la zona no conocen realmente la dinámica hídrica de su región.

El artículo 4o de la Constitución de los Estados Unidos Mexicanos dicta que *“toda persona tiene derecho al acceso, disposición y saneamiento de agua para consumo personal y doméstico en forma suficiente, salubre, aceptable y asequible. El Estado garantizará este derecho y la ley definirá las bases, apoyos y modalidades para el acceso y uso equitativo y sustentable de los recursos hídricos, estableciendo la participación de la Federación, las entidades federativas y los municipios, así como la participación de la ciudadanía para la consecución de dichos fines.”* Existe la posibilidad de que este artículo no se esté cumplido por parte del gobierno (permitiendo malas prácticas), pero si la población no tiene la noción, jamás podrá exigir sus derechos. Por ello, en el periodo de verano 2018 se realizó una

investigación más profunda de la relación entre los cuerpos de agua superficiales dentro del Valle de Mazatepec.

Se visitaron puntos importantes para el análisis del agua (a nivel valle) en cada una de las comunidades, donde se tomaron coordenadas, fotos y registro del estado actual del cuerpo de agua en cuestión. Más adelante se ingresaron a un Sistema de Información Geográfica (SIG) donde se contrastó y/o combinó con datos de portales públicos de información. La información generada se explica en las siguientes secciones del actual reporte.

En el valle existe un colectivo que es el contacto directo entre la comunidad del ITESO y el Valle de Mazatepec; se conforma por cinco subgrupos que abarcan las problemáticas involucradas en distintos temas, los cuáles se muestran en el Gráfico 1. Es importante mencionar que se ha recibido un apoyo amplio por parte de los integrantes del colectivo.

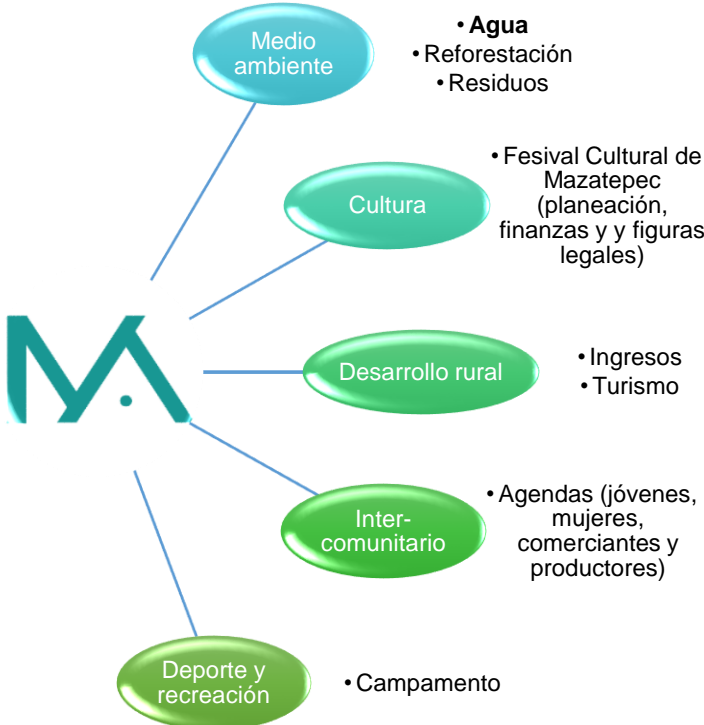


Gráfico 1. Subgrupos del colectivo Proyecto Mazatepec.

Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por el Colectivo 'Proyecto Mazatepec'

2.1 Contexto

El Proyecto de Aplicación Profesional “San Pedro Valencia” surge en el año 2014 en respuesta a la solicitud de apoyo de los habitantes de San Pedro Valencia en julio del 2013, debido a una fuerte contaminación de la presa el Hurtado de la cual percibían sustento.

En septiembre de 2014 la presa logró recuperarse, según informes de la SEMADET (Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial), por lo que a mediados del 2015 se levantó la veda de pesca y los pescadores retomaron sus actividades, reactivando la economía del poblado.

El profesorado del PAP establece relaciones y acuerdos de trabajo en verano de 2017 con una visión más amplia de trabajo con un colectivo de jóvenes llamado Colectivo Cultural Mazatepec, pertenecientes a las comunidades del Valle de Mazatepec.

En verano de 2018 la visión del PAP se amplía para estudiar la dinámica hídrica del valle; se busca comprender el sistema hidrológico de la zona en cuestión para responder de mejor manera a las problemáticas actuales y futuras.

2.2 Antecedentes

Estudiantes de Ingeniería Ambiental del ITESO han dejado siempre activa la línea de trabajo respecto al agua, ya que es algo preocupante. En el 2013 ocurrió un desastre ecológico cuando empresas ajenas al poblado derramaron melaza en la presa el Hurtado (también llamada presa de Valencia); se estima que alrededor de quinientas toneladas de peces murieron. *“Si bien la melaza es un producto natural que podría disolverse en agua, la presa se encontraba a 30% de su capacidad, por lo que al recibir esta sustancia no alcanzó a mezclarse con el agua y consumió el oxígeno necesario para la subsistencia de los peces”* (El Economista, 2013); a pesar de su recuperación en el año 2014 según informes de la SEMADET, los pobladores

no quedaron del todo contentos con el rol que el gobierno desempeñó durante este ecocidio.

Durante el semestre de otoño del 2015 se realizó una delimitación de la microcuenca de la presa de Valencia. En el año 2016, una empresa tomatera realizó descargas ilegales a la presa. En el mismo año, se realizaron estudios de calidad del agua respecto a parámetros como lo es la Demanda Bioquímica de Oxígeno, Oxígeno Disuelto, pH, y otros parámetros en la presa. En el 2017, se hicieron análisis microbiológicos del agua de dos potabilizadoras, Osmo Plus y Los Chorros, determinando que el agua de Los Chorros tenía coliformes (bacterias indicadoras de contaminación fecal).

3. Marco conceptual

Existen tres conceptos importantes a diferenciar en esta investigación: cuencas, subcuencas y microcuencas (véase figura 1). *“Una microcuenca es toda área en la que su drenaje va a dar al cauce principal de una subcuenca; la subcuenca es un conjunto de microcuencas que drenan al cauce principal, el cual tiene un caudal fluctuante pero permanente.”* (Ordoñez, 2011).

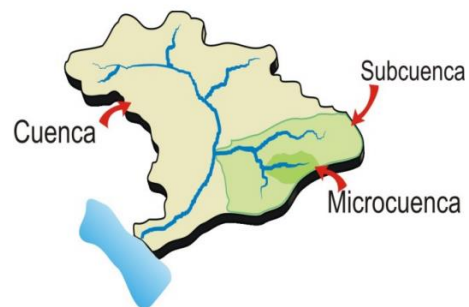


Figura 1. Cuenca, subcuenca y microcuenca (GWP, 2011)

La Ley de Aguas Nacionales menciona que una cuenca es *“la unidad del territorio, diferenciada de otras unidades, normalmente delimitada por un parte aguas o divisoria de las aguas - aquella línea poligonal formada por los puntos de mayor elevación en dicha unidad -, en donde ocurre el agua en distintas formas, y ésta se almacena o fluye hasta un punto de salida que puede ser el mar u otro cuerpo receptor interior, a través de una red hidrográfica de cauces que convergen en uno principal, o bien el territorio en donde las aguas forman una unidad autónoma o diferenciada de otras, aun sin que desemboquen en el mar. En dicho espacio delimitado por una*

diversidad topográfica, coexisten los recursos agua, suelo, flora, fauna, otros recursos naturales relacionados con éstos y el medio ambiente”.

4. Desarrollo

4.1 Descripción del proyecto

El Valle de Mazatepec presenta conflictos diversos, uno de ellos es la disponibilidad y calidad del agua. Por lo general, la información que se puede encontrar sobre el agua para esta zona carece de profundidad y transversalidad, es decir, trata sucesos de manera aislada y no como un conjunto. De igual modo, casi toda la información sobre el agua está referida a la presa de Valencia y casi no hay información de otras comunidades del valle. Por ello, se formuló un proyecto para recabar información, analizarla, procesarla y generar nueva información, todo esto enfocado a la hidrología del valle.

4.2 Plan de trabajo

Para la realización del proyecto se identifican 6 etapas que se detallan a continuación.

1. Inicio - Reunión con el Colectivo Mazatepec

En esta reunión los miembros del colectivo expusieron los antecedentes y el contexto de las diferentes líneas de acción que se han ido trabajando a lo largo de los años, así como los proyectos vigentes. Asimismo, se evaluaron diferentes propuestas de proyecto. Esta etapa fue un reconocimiento de la situación actual.

2. Investigación - Visitas de campo

Una vez definido el proyecto, se visitaron los cuerpos de agua más relevantes del valle (manantiales, ríos, arroyos, balnearios) con ayuda de miembros del colectivo. En cada lugar visitado se tomaron coordenadas con un dispositivo

GPS y fotografías para elaborar un registro. Gracias a esta etapa se conoció de primera instancia el estado de los cuerpos de agua.

3. Investigación - Consulta, descarga de información y captura de datos

Esta etapa consistió en buscar información relevante para el proyecto en los portales de INEGI, CONAGUA y UNIATMOS, y descargarla para su posterior análisis y procesamiento con el paquete de software ArcGIS®, enfocado al Valle de Mazatepec. También en este programa se capturaron los datos obtenidos en la etapa anterior.

4. Análisis y procesamiento de datos

Una vez obtenida y seleccionada la información relevante para el proyecto se comenzó a procesar utilizando el programa mencionado anteriormente. Más específicamente, se delimitó el Valle de Mazatepec de acuerdo con las áreas geoestadísticas básicas (AGEBs), se delimitó la microcuenca de la presa de Valencia, se acotaron las subcuencas hidrológicas a las que pertenece el valle, se distinguieron los cuerpos de agua del valle (manantiales, arroyos, ríos, balnearios, presas, estanques, bordos) así como otras entidades de interés como oleoductos, acueductos, canales de riego y áreas de cultivo. Se calculó el escurrimiento medio anual de las subcuencas y de la microcuenca. También se distinguieron los acuíferos que comprende el valle y la microcuenca, se señalaron los pozos existentes en las áreas de estudio y se estimó el volumen de extracción de agua concesionado.

5. Elaboración de productos

En esta etapa se crearon los entregables que resultaron del procesamiento de la información obtenida en el SIG. Los productos finales son: la delimitación del Valle de Mazatepec y la microcuenca de la presa de Valencia, mapa de las subcuencas que conforman el Valle de Mazatepec, registro fotográfico de los cuerpos de agua visitados, mapa de otras

entidades de interés con respecto al agua en el valle, mapa de los municipios que comprenden el valle, mapa de tipo de uso de suelo en el valle y la microcuenca, mapa de pozos y acuíferos del valle y la microcuenca, cálculo del escurrimiento natural y del volumen de extracción de agua subterránea.

6. Presentación de los resultados

Una vez obtenidos los resultados y elaborado el reporte correspondiente, se comparten los hallazgos al profesorado y alumnos del PAP. Con esta etapa se concluye el proyecto.

5. Resultados y productos

Este proyecto generó tres tipos de información: geográfica, cuantitativa y cualitativa. La información geográfica y cuantitativa se obtuvo con el procesamiento de datos en ArcGIS®, mientras que la información cualitativa se obtuvo durante las visitas de campo (observaciones, fotografías, charlas con los habitantes).

Se logró una delimitación del Valle de Mazatepec, sus subcuencas y la microcuenca de la presa de Valencia, se ubicaron entidades de interés en el valle (canales de riego, oleoductos, acueductos), se elaboró un registro con imágenes de algunos cuerpos de agua del valle, se calculó el volumen medio anual para las subcuencas y la microcuenca, se estimó la cantidad de pozos que hay en el valle y el total del volumen concesionado. A continuación, se describen los productos y cómo se obtuvieron.

5.1 Polígono del Valle de Mazatepec

Este producto es una delimitación geográfica del Valle de Mazatepec y se realizó porque el Valle de Mazatepec no tiene límites territoriales establecidos, es decir, se le llama Valle de Mazatepec a un conjunto de localidades, pero sus límites geográficos no están definidos.

Primero, se descargó el marco geoestadístico más actual (febrero 2018) de todo México. Se analizaron en ArcGIS® las capas de municipios, áreas geoestadísticas básicas (AGEBs) y localidades. Se seleccionaron las AGEBs (3 en total) que contenían las comunidades del valle, o sea, San Pedro Valencia, San Isidro Mazatepec, San Antonio Mazatepec, La Villita, San Ignacio de Carboneras, Calpulli, Las Navajas, Cuxpala y Ahuisculco. Dichas AGEBs se fusionaron para crear una sola entidad. Posteriormente se recortaron los pueblos San Juan de los Arcos y Bellavista ya que dichas localidades no pertenecen al valle (véase anexo 1). Sobre

este polígono se recortó¹ la capa de municipios obteniéndose la figura en el anexo 2.

El área del polígono que se obtuvo del valle se calculó con la herramienta "Agregar atributos de geometría" de ArcGIS®, dando un resultado de 22,882.38 hectáreas.

Una vez delimitado el polígono del valle, se sobrepusieron las capas de cuerpos de agua, manantiales, corrientes de agua, bordos, presas, canales de riego, acueductos y oleoductos (véase anexo 3). Se registran:

- 13 cuerpos de agua: 2 perennes y 11 intermitentes (incluyendo bordos y presas)
- 32 manantiales
- 317 arroyos y 17 ríos
- 3.161 km de canales de riego
- 5 acueductos: 2 subterráneos y 3 superficiales
- 1 oleoducto en operación de Pemex: 17.288 km de oleoducto atraviesan el valle

Cabe resaltar que la delimitación del valle se realizó según el criterio de los autores y podría no ser válida para efectos ajenos a este proyecto.

5.2 Subcuencas y microcuencas

Con el archivo de las curvas de nivel de las cartas topográficas F13D64, F13D65, F13D74 y F13D75 de INEGI, se hizo un modelo digital de elevación, luego se determinó la dirección de flujo⁴ y después la acumulación de flujo⁵. Al archivo resultante de dirección de flujo se le aplicó la herramienta cuenca obteniéndose los polígonos de las subcuencas hidrográficas. Sobre este polígono se recortó el polígono del Valle de Mazatepec y se le añadieron las capas de manantiales, cuerpos de agua y corrientes de agua, obteniéndose la figura 2.

^{1, 4, 5} Herramientas de análisis ArcGIS

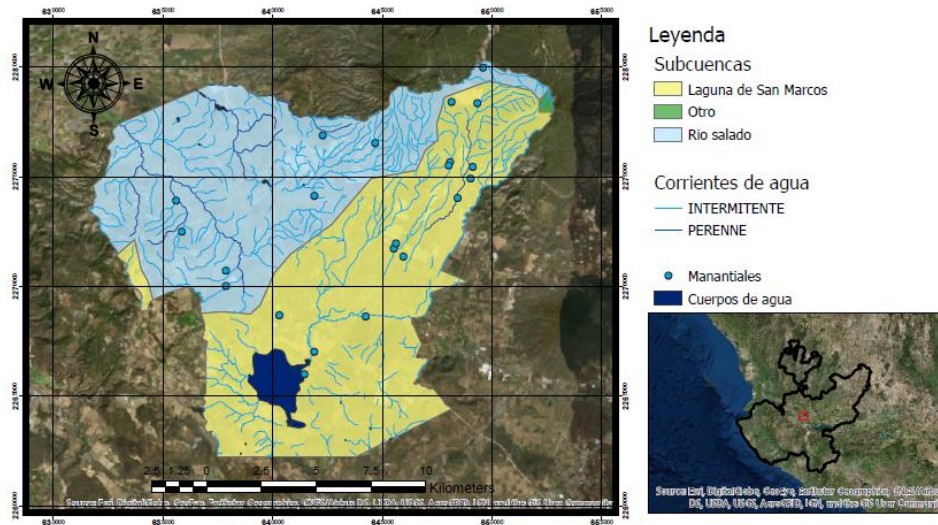


Figura 2. Mapa de las subcuencas hidrográficas del Valle de Mazatepec

Como se puede apreciar en la figura anterior, el Valle de Mazatepec comprende tres subcuencas hidrológicas, pero una de ellas se puede despreciar debido a su pequeña extensión (polígono verde en la figura). La subcuenca superior (en azul) resultó tener una extensión de 10,267.84 ha y es llamada subcuenca del río Salado y pertenece a la cuenca "presa la Vega – Cocula". En ella se encuentran los pueblos Ahuisculco, Las Navajas y Cuxpala. La subcuenca inferior (en amarillo) tiene un área de 12,560.56 ha y es llamada subcuenca de la laguna de San Marcos y forma parte de la cuenca "lago de Chapala". A esta subcuenca pertenecen las localidades San Isidro Mazatepec, San Antonio Mazatepec, San Ignacio de Carboneras, La Villita, Calpulli y San Pedro Valencia.

Lo anterior sustenta que los asuntos relacionados al agua superficial en el valle deben tratarse según su subcuenca, no tiene caso considerar las 9 localidades simultáneamente. Es probable que subterráneamente los cuerpos y corrientes sí estén relacionadas, sin embargo, el determinarlo queda fuera de los alcances del proyecto.

También se delimitó la microcuenca de la presa de Valencia resultando la figura 3.

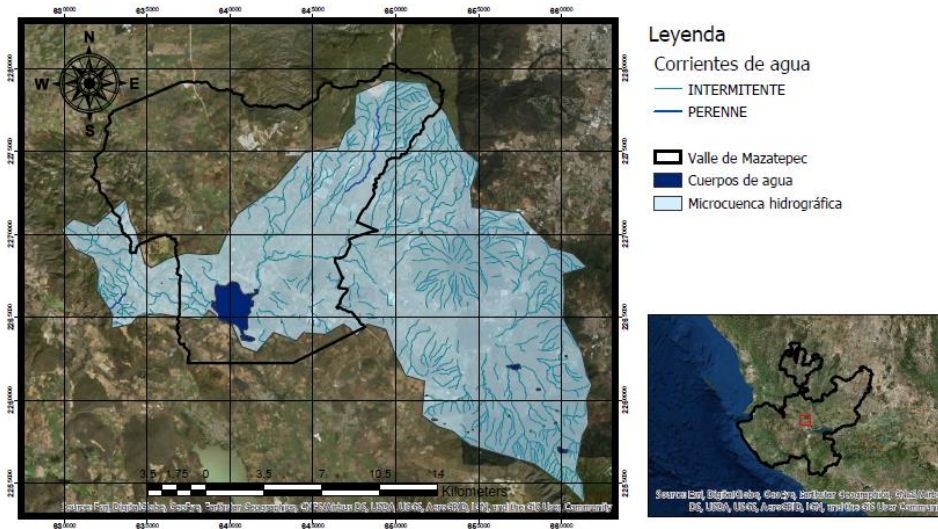


Figura 3. Mapa de la microcuenca hidrográfica de la presa de Valencia

Esta microcuenca tiene una extensión de 32,702.47 ha. Como se puede apreciar en esta figura, la microcuenca sobrepasa los límites del Valle de Mazatepec, en otras palabras, la dinámica hidrológica de la presa no sólo depende de lo que ocurre en el valle sino también fuera de él. En caso de que se requiera formular una estrategia para la conservación de la calidad y cantidad del agua en la presa de Valencia, se debe estudiar toda la microcuenca.

5.3 Cálculo del escurrimiento natural

Este cálculo se efectuó según lo estipulado en la NOM-011-CONAGUA-2015 en el apartado "A.1.2 Métodos indirectos", se recomienda revisar dicha norma para más información.

El escurrimiento natural, según lo establece la norma mencionada anteriormente, es el volumen medio anual de agua superficial que se capta por la red de drenaje natural de la propia cuenca hidrológica. De manera más sencilla, es la cantidad de agua superficial que recibe una cuenca al año. La fórmula para calcular el escurrimiento natural según el método indirecto es la siguiente:

$$VMA = Pmm * A * Ce$$

Ecuación 1. Cálculo del escurrimiento natural

Donde:

VMA = Volumen anual de escurrimiento natural de la cuenca

Pmm = Precipitación anual de la cuenca

A = Área de la cuenca

Ce = Coeficiente de escurrimiento

Para calcular la precipitación anual se descargaron los archivos del Atlas Climático Digital de México que contienen datos de la precipitación promedio (desde 1902 hasta el 2011) de cada mes en todo México. Se definieron las zonas de estudio (las dos subcuencas y la microcuenca) y se sumaron los valores de precipitación mensuales para obtener la precipitación anual en cada área de estudio.

El coeficiente de escurrimiento se determinó en función del tipo y uso de suelo y del volumen de precipitación anual, tal como lo indica el apartado A.1.2.1.2 inciso B de la NOM-011-CONAGUA-2015. Para conocer el tipo de suelo se descargó el archivo "Conjunto de Datos Vectorial Edafológico Escala 1:250,000 serie II. Continuo Nacional (Guadalajara)" del área de interés. Asimismo, para el uso de suelo y vegetación se descargó el archivo "Datos vectoriales escala 1:250,000 serie VI (Capa Unión)". Ambos archivos se encuentran disponibles en el portal de INEGI. Con estos archivos se clasificó el valle y la microcuenca según su tipo de suelo y uso (véase anexos 7 y 8).

Una vez obtenidos los valores de precipitación, coeficiente de escurrimiento y área, se aplicó la ecuación 1 para calcular el volumen anual de escurrimiento natural, el cual fue de:

- 14'386,993 m³/año en la subcuenca del río Salado
- 16'243,538 m³/año en la subcuenca de la laguna de San Marcos
- 37'179,429 m³/año en la microcuenca de la presa de Valencia

5.4 Análisis del agua subterránea

Para este análisis se utilizó el archivo vectorial de todos los pozos registrados en Jalisco al año 2018 y el archivo vectorial de los acuíferos de todo México y su disponibilidad al año 2014 (disponible en el portal de GeoComunes).

5.4.1 Agua subterránea en el Valle de Mazatepec

En el Valle de Mazatepec se registran 174 pozos repartidos en 3 acuíferos:

- 84 en el acuífero Ameca con un volumen total concesionado de 12'149,217 m³/año
- 87 en el acuífero San Isidro con un volumen total concesionado de 10'802,818 m³/año
- 3 en el acuífero Lagunas con un volumen total concesionado de 456,658 m³/año
- El volumen total concesionado en el valle es de 23'408,693 m³/año

Según su uso:

- 145 son para uso agrícola con un volumen total concesionado de 20'435,679 m³/año
- 2 para uso pecuario con un volumen total concesionado de 17,190 m³/año
- 8 para uso público urbano con un volumen total concesionado de 740,090 m³/año
- 19 para otros usos con un volumen total concesionado de 2'215,734 m³/año

5.4.2 Agua subterránea en la microcuenca de la presa de Valencia

En la microcuenca de la presa de Valencia se registran 393 pozos repartidos en los mismos 3 acuíferos del valle:

- 7 en el acuífero Ameca con un volumen total concesionado de 1'671,625 m³/año

- 384 en el acuífero San Isidro con un volumen total concesionado de 32'964,330.79 m³/año
- 2 en el acuífero Lagunas con un volumen total concesionado de 348,000 m³/año
- El volumen total concesionado en la microcuenca es de 34'983,955.79 m³/año

Según su uso:

- 251 son para uso agrícola con un volumen total concesionado de 22'695,990 m³/año
- 34 para uso pecuario con un volumen total concesionado de 98,067.25 m³/año
- 18 para uso público urbano con un volumen total concesionado de 1'487,731 m³/año
- 10 para uso industrial con un volumen total concesionado de 380,739 m³/año
- 80 para otros usos con un volumen total concesionado de 10'321,428.54 m³/año

Cabe resaltar que algunos de los pozos que están en el valle también quedan dentro de la microcuenca de la presa de Valencia, es decir, varios pozos se contaron tanto en la estimación del agua extraída del valle como en la de la microcuenca. Esto debe considerarse si se desea determinar el volumen extraído total combinado de ambas áreas.

5.4.3 Análisis de los acuíferos

En los documentos sobre la disponibilidad de los acuíferos con datos al 2015 se encontró que:

- El acuífero Ameca tiene una recarga total media anual de 277'300,000 m³ y un aprovechamiento de 305'932,327 m³ lo que resulta en un déficit de 28'632,327 m³.

- El acuífero San Isidro tiene una recarga total media anual de 64'200,000 m³ y un aprovechamiento de 65'531,848 m³ lo que resulta en un déficit de 1'331,848 m³.
- El acuífero Lagunas tiene una recarga media anual de 178'700,000 m³ y un aprovechamiento de 171'525,497 m³ dando como resultado un superávit de 7'174,503 m³.

Como lo reflejan los números anteriores, la mayor parte del agua que se extrae se usa en el campo. De igual modo, la mayor parte del terreno del valle corresponde a cultivos: el 62.72% del valle corresponde a áreas agrícolas (véase anexos 6 y 7). Consúltense los anexos 8 y 9 para ver la distribución de los pozos en los acuíferos.

6. Reflexiones

Aprendizajes profesionales

Antes de la realización de este PAP, el conocimiento que teníamos era solamente teórico y dentro del aula; el PAP nos brindó un panorama real, en el cual se combinaron no solamente problemas ambientales, sino también problemas sociales y económicos. En este complejo escenario aplicamos conocimientos obtenidos en distintas materias de la carrera como Caracterización y Manejo de Sitios Contaminados, Sistemas de información Geográfica y Sensores Remotos, Gestión de Cuencas y Territorio, Sustentabilidad, entre otras.

Gracias a nuestros conocimientos previos y el apoyo de nuestros maestros, tanto del PAP como de la carrera, pudimos discernir que el Valle de Mazatepec comprende dos regiones hidrológicas distintas; antes se creía que era una sola. Asimismo, aprendimos a determinar factores importantes en una cuenca como dirección de flujo, acumulación de flujo, precipitación promedio anual, escurrimiento natural, extracción de agua subterránea, tipo y uso de suelo y vegetación, etc., utilizando sistemas de información geográfica.

Aprendizajes sociales

Comprendimos la importancia que tienen los conocimientos técnicos, ya que pueden ser base para tomar decisiones que beneficien a las comunidades. Este proyecto nos hizo ver que como futuros profesionistas tenemos la obligación moral de poner nuestros saberes profesionales al servicio de la sociedad. Aprendimos a trabajar hombro con hombro con las personas del valle, quienes mostraron disposición para colaborar con nosotros en todo momento; sin ellos este trabajo no se hubiera realizado.

Aprendizajes éticos

Después de este PAP concebimos la ética laboral como una piedra angular en los proyectos con comunidades rurales; sus derechos ya han sido quebrantados en el pasado, y para evitar esto, se les debe brindar el conocimiento para que puedan actuar en consecuencia. La comunicación directa, la transparencia y la digestión de la información de modo que sea fácil de comprender, son todos cómplices de la moralidad profesional.

Aprendizajes personales

Las personas que pertenecen a las comunidades tienen la mayor disposición cuando se trata de conservar sus patrimonios; eso, en combinación con el conocimiento aportado por la parte universitaria, es lo que conforma el proyecto. La integración de las necesidades reales del pueblo es imperativa. Entendemos que los problemas continuarán surgiendo, pero son señal del cambio y el avance en la comunidad.

7. Conclusiones

El Valle de Mazatepec, hidrológicamente, no se puede estudiar como una unidad porque comprende dos subcuencas hidrográficas; la gestión del agua superficial debe tratarse según su región hidrológica. El valle, a pesar de ser una región rica en agua, podría experimentar problemas severos de disponibilidad en el futuro

debido a la agricultura intensiva que se desarrolla: el 62.72% del área del valle corresponde a cultivos. Con la información que se generó en este proyecto se pueden diseñar estrategias de conservación, aprovechamiento y monitoreo de la calidad del agua para asegurar que el agua no haga falta en cantidad ni calidad.

7.1 Recomendaciones

Durante este periodo se detectó otro aspecto relevante: arsénico en el agua. En 2015 se realizó un análisis de arsénico en una muestra de agua subterránea del poblado de Calpulli y resultó positiva la presencia de este semimetal carcinogénico. Es indispensable lograr que se realicen estudios de calidad del agua respecto a parámetros como metales pesados (o compuestos de gravedad para la salud humana, animal y vegetal) por algún laboratorio acreditado por la EMA (Entidad Mexicana de Acreditación) y, dependiendo de los resultados, presionar a autoridades para mejorar la calidad del agua. Se recomienda ampliamente que los alumnos que inscriban este PAP y trabajen en la línea de agua, atiendan este tema.

8. Bibliografía

CONAGUA (2015). Disponibilidad por acuíferos. Consultado el 10 de julio de 2018 en http://sigagis.conagua.gob.mx/gas1/sections/gas-disp-2010_web/DISPONIBILIDAD%20DEL%20AGUA%20SUBTERR%C3%81NEA.htm

Constitución política de los Estados Unidos Mexicanos [Const.] (1917) Artículo 4 [Título I].

Diario Oficial de la Federación (2015). NORMA Oficial Mexicana NOM-011-CONAGUA-2015. Obtenido de http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5387027&fecha=27/03/2015

Doménech, J. (Noviembre de 2002). *Sanidad Ambiental: Control de la calidad del agua*. Obtenido de

<http://www.jano.es/ficheros/sumarios/1/65/1484/66/1v65n1484a13049496pdf001.pdf>

El Economista. (04 de julio de 2013). *Vida en Presa Valencia, en riesgo por derrame de melaza*. Obtenido de <https://www.eleconomista.com.mx/estados/Vida-en-Presa-Valencia-en-riesgo-por-derrame-de-melaza-20130704-0137.html>

GeoComunes (2014). 2.1.1 Acuíferos. Disponibilidad. CONAGUA. Obtenido de http://132.248.14.102/layers/CapaBase:ii_1_acuiferos_disponibilidad_cna

GWP. (2011). *Global Water Partnership South America: Cuenca hidrológica*. Obtenido de https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-sam_files/publicaciones/varios/cuenca_hidrologica.pdf

INEGI (2007). Edafología. Conjunto de datos vectorial Edafológico escala 1:250,000 serie II. Continuo Nacional (Guadalajara). Obtenido de <http://www.beta.inegi.org.mx/temas/mapas/edafologia/#archDescargaTitulo>

INEGI (2015). Topografía: cartas F13D64, F13D65, F13D74 y F13D75. Obtenidas de <http://www.beta.inegi.org.mx/temas/mapas/topografia/>

INEGI (2016). Uso de suelo y vegetación. Datos vectoriales escala 1:250,000 serie VI (Capa Unión). Obtenido de <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/reclnat/usosuelo/>

INEGI (2018). Marco geoestadístico, febrero 2018. Obtenido de <http://www.beta.inegi.org.mx/temas/mapas/mg/>

Ley de Aguas Nacionales de 1992, Diario Oficial de la Federación. Recuperado de [http://www.colsan.edu.mx/investigacion/aguaysociedad/proyectorfrontera/LEY%20GENERAL%20DE%20AGUAS%20NACIONALES%20\(CMRN\).pdf](http://www.colsan.edu.mx/investigacion/aguaysociedad/proyectorfrontera/LEY%20GENERAL%20DE%20AGUAS%20NACIONALES%20(CMRN).pdf)

Unidad de Informática para las Ciencias Atmosféricas y Ambientales (2018). Bases de datos y metadatos. Climatología continental. Precipitación promedio (1902-2011). Obtenido de <http://atlasclimatico.unam.mx/atlas/kml/>

9. Anexos

Anexo 1 Mapa de las localidades del Valle de Mazatepec

Anexo 2 Municipios que comparten el Valle de Mazatepec

Anexo 3 Entidades de interés en el Valle de Mazatepec

Anexo 4 Subcuencas hidrográficas del Valle de Mazatepec

Anexo 5 Microcuenca hidrográfica de la presa de Valencia

Anexo 6 Tipos de uso de suelo en el Valle de Mazatepec

Anexo 7 Tipos de uso de suelo en la microcuenca de la presa de Valencia

Anexo 8 Acuíferos y pozos en el Valle de Mazatepec

Anexo 9 Acuíferos y pozos en la microcuenca de la presa de Valencia

Anexo 10 Registro fotográfico de los cuerpos de agua visitados en Ahuiscolco

Anexo 11 Registro fotográfico de los cuerpos de agua visitados en Cuxpala y Las Navajas

Anexo 12 Registro fotográfico de los cuerpos de agua visitados en San Isidro Mazatepec

Anexo 13 Registro fotográfico de los cuerpos de agua visitados en La Villita y San Antonio Mazatepec